

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 342**

51 Int. Cl.:

**B03B 9/06** (2006.01)  
**B09B 3/00** (2006.01)  
**F23G 5/02** (2006.01)  
**C10J 3/08** (2006.01)  
**C10J 3/10** (2006.01)  
**C10J 3/30** (2006.01)  
**C10L 3/08** (2006.01)  
**C10L 5/46** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2005 E 05772465 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2014 EP 1758692**

54 Título: **Método y sistema para el reciclaje de residuos sólidos municipales y explotación del combustible recuperado de desechos sólidos**

30 Prioridad:

**17.06.2004 IT RM20040297**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.04.2014**

73 Titular/es:

**SORAIN CECCHINI AMBIENTE SCA S.P.A.  
(100.0%)  
VIALE DEL POGGIO FIORITO 63  
00144 ROME, IT**

72 Inventor/es:

**CERRONI, MANLIO**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**ES 2 455 342 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

5 **MÉTODO Y SISTEMA PARA EL RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y EXPLOTACIÓN DEL COMBUSTIBLE RECUPERADO DE DESECHOS SÓLIDOS**

10 Campo técnico

[0001]La presente invención se refiere a un método y un sistema para el reciclaje completo de los residuos sólidos municipales con un mínimo impacto ambiental y con el uso de combustible recuperado de residuos sólidos (CRRS) para la producción de energía eléctrica y/o hidrógeno.

15

Antecedentes de la invención

[0002]Con el término residuo se entiende todos los productos que ya no son útiles y que han de ser eliminados y cualquier sustancia derivada de la actividad humana o los ciclos naturales que se abandonan o destinan para ser abandonados. Los sistemas de tratamiento y reciclaje de residuos sólidos municipales se han estudiado durante mucho tiempo, debido a la siempre creciente necesidad de una eliminación efectiva, respetuosa del medio ambiente y de un uso funcional de los residuos como fuente de energía.

[0003]De acuerdo con estas necesidades, un primer objetivo de la presente invención es encontrar un método que permita la máxima recuperación de los productos de desecho con la consiguiente recuperación de energía con un mínimo impacto ambiental; un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un sistema adecuado para la consecución de un proceso de reciclaje rentable y de aprovechamiento de la energía.

[0004]El documento FR-A-2780 320 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un sistema de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 10.

Divulgación de la invención

[0005]Según la presente invención, los objetivos anteriormente mencionados se obtienen mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1 y un sistema de acuerdo con la reivindicación 10.

[0006]Ventajas adicionales se describen en las reivindicaciones dependientes.

[0007]Se debe señalar que todas las operaciones relacionadas con los diversos procedimientos se llevan a cabo dentro de plantas industriales proporcionadas con suelos adecuados, que están cerradas y que muestran un sistema de ventilación forzada que está en funcionamiento continuo y que mantiene todo el ambiente interior en una condición de ligera reducción en la presión. Este sistema de ventilación se centra en un sistema de purificación centralizada, lo que asegura la reducción de polvo y del olor.

45

■ Recepción de residuos sólidos municipales.

[0008]Los dispositivos de auto-compactación, que suministran los residuos al sistema después del proceso de pesaje, se envían a la sección de entrada para la descarga.

[0009]El acceso a esta sección por las auto-compactadores se produce a través de grandes puertas con cierres automáticos, que permanecen abiertos sólo durante el tiempo necesario para el tránsito de vehículos. Después de que se descarga el residuo, se transporta a la línea de clasificación mecánica, en la que los residuos se cargan utilizando grúas electro-hidráulicas con cuchara de cangrejo, que sirve para suministrar las líneas de producción y también se acomete a eliminar cualquier material voluminoso para que sea triturado y reducido de tamaño en las líneas de operación especiales.

60 ■ Clasificación mecánica de las fracciones secas y húmedas

[0010]El sistema está provisto de una o más líneas de clasificación que tienen capacidad de hasta 100 t/h cada una. Los residuos, cargados en la línea, se someten a la primera etapa de tratamiento que consiste en la separación de los envases en los que originalmente los residuos fueron recogidos, seguida de una etapa de

clasificación por tamaño. Un dispositivo de desgarro de baja velocidad actúa para dividir el embalaje y los sacos, para liberar el contenido sin que haya ninguna acción abrasiva o de aplastamiento excesivo, que serviría para anular las diversas propiedades que caracterizan a los diferentes tipos de productos, reduciendo de este modo la eficiencia del proceso de clasificación mecánica.

5

[0011]La clasificación mecánica posterior de las fracciones secas y húmedas se produce a través de las rejillas de detección de trómeles giratorios con dispositivo de auto-limpieza.

10

[0012]Este separador giratorio está equipado con mallas de tamaño adecuado para separar los siguientes materiales:

- componentes secos que consisten en materiales con un alto poder calorífico (papel, plásticos, telas, caucho, etc.)

15

- componentes húmedos que consiste principalmente en sustancias orgánicas gruesas (por lo general todavía mezcladas con vidrios, piedras, etc.).

#### ■ Tratamiento de la fracción seca y preparación del CRRS

20

[0013]El tratamiento de la fracción seca, se somete en primer lugar la eliminación de los componentes metálicos, en el que se elimina todo tipo de elemento metálico, antes de someterse a un proceso de dimensionamiento especial, por medio de una trituradora especial equipada con un tipo particular de rejilla extensible, conectada a un sistema de cambio de viento con limpieza posterior y un sistema de mejora de la calidad. La acción combinada de estos dispositivos resulta en la producción de Combustible Recuperado de Residuos Sólidos. El CRRS es entonces transportado a dos compactadores estacionarios para la carga directa, en forma de pelusa, sobre tractores y semirremolques para el transporte a la planta de termo-explotación. Al mismo tiempo, también hay una línea de envasado que forma el material en balas y las envuelve de forma comprimida con film extensible para un eventual almacenamiento provisional del CRRS durante los intervalos de mantenimiento previstos en el sistema de termo-explotación.

30

#### ■ Recuperación de metales

35

[0014]El hierro y el aluminio son respectivamente separados por acción electromagnética, es decir, bajo la acción de flujos de corriente de inducción. Los materiales ferrosos se purifican en una línea especial y se convierten en "PROLER". El aluminio se empaqueta en balas. Posteriormente ambos productos reciclados son enviados a las respectivas industrias de producción para ser reutilizados.

40

#### ■ Tratamiento aeróbico de la fracción húmeda

45

[0015]La operación consiste en una reacción de bio-oxidación basada en un proceso que tiene lugar en digestores aeróbicos en colectores de maduración, que consisten en tanques rectangulares, paralelos o montados en serie, con una anchura estándar de 22 metros y de longitud variable de hasta más de 150 metros, como una función de la producción diaria. En ambos, digestores con tanques paralelos posicionados y aquellos con tanques situados en serie, el proceso es de una duración suficiente para asegurar la maduración y la estabilización biológica total de las sustancias orgánicas. Durante esta etapa, la biomasa es sometida a una reacción acelerada intensa, durante la cual se lleva a cabo una intensa actividad biológica que promueve la rápida descomposición de las sustancias biodegradables. Los tanques están instalados en zonas completamente separadas del sistema. La reacción de Bio-oxidación de la biomasa dentro de los tanques en una capa de aproximadamente 3 metros de espesor, se controla y se mantiene totalmente aeróbica por medio de ventilación forzada y con vuelcos mecánicos temporizados. El sistema de ventilación comprende una red de distribución capilar con el fin de asegurar la uniformidad del proceso y evitar la posible formación de alguna capa aeróbica.

50

55

[0016]La operación de vuelco, llevada a cabo por puentes especiales equipados con barrenas de tornillo, garantizan el mantenimiento de la porosidad de material, evitando la formación de los canales preferenciales, que de otro modo dan lugar a anomalías en el proceso.

60

[0017]El tratamiento aerobio comprende, en síntesis, las siguientes etapas de procedimiento y tiempos:

- descomposición acelerada de las sustancias orgánicas de 2-3 semanas,
- separación de los residuos inertes de procesamiento de la biomasa y
- maduración y estabilización de la fracción orgánica durante 5-6 semanas.

[0018]Todas las operaciones, incluyendo la carga y descarga de materiales, se llevan a cabo de forma automática y no requieren ninguna intervención por parte del personal.

5 ■ Refinado de los bio-residuos estabilizados (o fracción orgánica).

[0019]Al final de los procesos de tratamiento aeróbico, el componente orgánico digerido y estabilizado se transporta a la línea final de refinado mecánico con el fin de purificarlo de todos los fragmentos inertes tales como vidrio, piedras, plásticos, etc.

10

[0020]Esta línea también acomete aún más la recuperación de CRRS partir de los residuos de procesamiento.

[0021]Esta operación también es automática y al final de la operación, los residuos procesados, el CRRS y el residuo biológico estabilizado (el compost gris) se obtienen con un índice de respiración dinámica (IRD) adecuado para su uso en las operaciones de restauración ecológica.

15

■ Reducción del volumen de los materiales voluminosos

20

[0022]El tratamiento de los materiales voluminosos consiste en una operación de rectificado muy forzada que, por medio de trituración de material, tiene éxito de manera efectiva en la reducción del volumen al tiempo que garantiza la recuperación de cualquier material ferroso.

25

[0023]El material triturado se carga en contenedores especiales para su destino final que puede ser una planta de termo-explotación, en el caso de materiales combustibles adecuadamente, o a una planta para su tratamiento en vertedero.

■ Tratamiento del aire de proceso

30

[0024]Este proceso prevé que cada etapa de trabajo se mantenga en condiciones ligeras de presión negativa por la succión del aire; dicho aire aspirado se envía entonces a los ciclos de combustión de la CRRS. El aire aspirado pasa a través de un filtro biológico que garantiza los mejores resultados posibles en términos de rendimiento y reducción de olores. Este filtro se compone de una cama de biomasa tratada adecuadamente, con un alto grado de porosidad y superficie biológicamente activa extendida que garantiza los mejores resultados posibles en términos de rendimiento y reducción de olores. La toma forzada del aire del sistema de reducción es a través de una serie de ventiladores centrífugos. El uso de cintas transportadoras cerradas y campanas de extracción de polvo en las máquinas ayuda a reducir la cantidad de polvo liberado en el medio ambiente de trabajo y en consecuencia las cantidades de aire a tratar. Los colectores de tratamiento de materiales orgánicos aeróbicos, donde la emisión de olores es mayor, se colocan dentro de áreas cerradas completamente segregadas, mantenidas constantemente al vacío (día y noche) para evitar cualquier escape de aire.

35

40

[0025]El aspecto innovador del proceso consiste en la gasificación del CRRS, que se suministra con un flujo continuo y homogéneo, junto con la acción de fusión y vitrificación sobre las cenizas presentes en el mismo, la clasificación de material inerte y la producción de energía eléctrica a través de un sistema de ciclo de alta eficiencia combinada, utilizando el gas de síntesis derivado del proceso de gasificación.

45

[0026]El CRRS se somete a gasificación a alta temperatura y la energía necesaria para las reacciones de gasificación en el interior del reactor se produce por medio de quemadores de oxígeno y combustible. Si el sistema de gasificación se encuentra en una zona de vertedero de residuos, la mayoría de CRRS, la clasificación y los sistemas de producción, siendo de hecho dentro de la vecindad de la descarga, el combustible utilizado para los quemadores será el biogás recuperado del proceso de digestión anaerobia del residuo biológico depositado en el propio vertedero.

50

[0027]Los gases de síntesis derivados de la gasificación se someten a un proceso de limpieza forzada de modo que puedan ser utilizados en ciclos de energía combinados de alta eficiencia, tales como:

55

- Motores endotérmicos con caldera de recuperación y ciclo de vapor a través de un turbo-alternador

60

- Turbinas de gas con caldera de recuperación de ciclo de vapor con termo-alternador

- Pilas de combustible

- Centrales térmicas de turbo-gas

[0028]Esta técnica es muy diferente de los sistemas tradicionales de explotación de la energía del CRRS, como la recuperación de la energía contenida en el CRRS, en procesos que implican hornos de rejilla o calderas y/o hornos de lecho fluido o calderas, se produce a través de la transformación de la energía térmica directa contenida en los vapores calientes generados por el proceso de combustión en vapor de alta presión, que se expande en una turbina de producción de electricidad. Por otra parte, los sólidos de los procesos de combustión tradicionales, que consisten en escoria, cenizas y polvos de filtración, son normalmente productos no recuperables.

[0029]Por el contrario, en el proceso de gasificación aquí propuesto, los compuestos inorgánicos presentes en el CRRS se convierten, por medio de un proceso de fusión a alta temperatura, en sustancias minerales reciclables (granulado mineral vitrificado y granulado metálico), mientras que los compuestos de azufre ( $H_2S$ ,  $CS_2$ ,  $COS$ ) presentes en el gas de síntesis se eliminan, recuperando de este modo el azufre. Finalmente el proceso de enfriamiento rápido (en sólo unos pocos milisegundos) del gas de síntesis evita la re-formación de cualquier compuesto de dioxinas y furanos, lo que ocurre en los procesos de combustión de residuos tradicionales como resultado del enfriamiento de los vapores en el interior de la caldera dentro de una temperatura delta de  $250^\circ$  y  $300^\circ$ .

[0030]Una finalidad adicional de la presente invención es proporcionar un sistema para la realización del método descrito anteriormente.

[0031]Este objeto se obtiene por el sistema de acuerdo con la reivindicación 10.

#### Descripción detallada de los dibujos

[0032]Para una mejor comprensión de las características del método y del sistema, una descripción detallada de tanto el proceso y el sistema se proporcionarán seguidamente haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1A: muestra un diagrama de un sistema alimentador de tornillo

La figura 1B: muestra un diagrama de un sistema alimentador de pendiente

La figura 2: muestra un diagrama del reactor de gasificación

La figura 3: muestra un diagrama de los sistemas de lavado y filtrado

La figura 4: muestra un diagrama de antorcha de emergencia y un proceso catalizador y de lavado.

#### ■ Sistema de suministro de CRRS

[0033]Como el CRRS es un combustible homogéneo, tanto en términos de sus características de tamaño y químico-físicas, el proceso no requiere ningún tratamiento previo, por lo que el combustible se suministra en forma de "pelusa", sin ningún tipo de extrusión y/o tratamientos adicionales para preparación granulada, como es el caso en otros tratamientos de gasificación.

[0034]El medio de transporte del CRRS al reactor de gasificación 8 tiene una característica particularmente innovadora de hacer uso de una técnica para permitir el flujo continuo y homogéneo del combustible al reactor.

[0035]El proceso de suministro continuo permite, debido a un combustible homogéneo como el CRRS, obtener una gasificación estable y una tasa de producción constante de gas de síntesis en relación con el volumen y el valor calorífico del gas en sí.

[0036]El sistema para la alimentación continua de CRRS en el reactor 8, se muestra en dos versiones diferentes A, B en la Figura 1, que consta de:

- un silo de almacenamiento de CRRS
- un sistema de transporte (1) del CRRS desde el silo de almacenamiento a un receptor de dosificación (2)
- sistema de transporte (3) del CRRS desde el receptor de dosificación (2) a un sistema de entrada (5) en el reactor de gasificación (8)

- un sistema de doble sellado (4) con válvulas
- un sistema de inertización con nitrógeno,
- un sistema de transporte (5) para la alimentación de la CRRS en el reactor de gasificación (8)
- un sistema de recuperación de la capacidad excesiva (6)

5

[0037]El CRRS se inyecta, como se muestra en la figura 2, en el reactor de alta temperatura 8 por medio del sistema de alimentación 5 que puede ser un alimentador de tornillo o de pendiente refrigerados. El entorno reductor en el interior del reactor de gasificación 8 se mantiene a una temperatura elevada gracias a la energía térmica generada por los quemadores 11, impulsados por oxígeno y biogás (o gas natural o GLP), permitiendo de este modo que la gasificación tenga lugar. Los componentes volátiles en el CRRS son inmediatamente gaseados, mientras que la parte carbónica menos volátil se deposita en la parte inferior 9 del reactor 8 para ser posteriormente gaseada. Gracias a un tiempo de reacción suficientemente largo dentro del reactor (<2 segundos), los componentes macromoleculares presentes en el gas de síntesis se convierten, en la parte superior del reactor 10, en moléculas simples (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) que garantizan un equilibrio termodinámico. Gracias a la zona de gran sección transversal del reactor, los gases de síntesis, generados por la gasificación, adquieren una velocidad ascendente, disminuyendo desde el centro del reactor hacia las paredes del mismo, de entre 2 y 4 m/s, por lo tanto evitando el transporte masivo de carbón y material mineral particulado fundido hacia la salida del reactor.

10

15

20

[0038]Mediante la adición sobre-estequiométrica controlada de oxígeno tanto en las zonas inferior y superior del reactor de alta temperatura, y gracias a las reacciones exotérmicas creadas de este modo, la temperatura de salida de gas alcanza 1.100°C. Con el fin de evitar la fusión de las cenizas transportadas por el flujo ascendente del gas de síntesis que, debido a su propia condensación, podrían causar la obstrucción de la sección del sistema inmediatamente antes del enfriamiento 16, se evitan temperaturas superiores a 1.200°C.

25

[0039]Una serie de quemadores instalados en la sección superior del reactor 10, por encima del sistema de suministro, dan al gas de síntesis una ligera turbulencia, optimizando la homogeneización de la temperatura. Dicha homogeneización evita el riesgo de formación de las corrientes ascendentes más frías (<800°C) que podrían causar la creación de largas cadenas moleculares tales como las de los alquitranes.

30

[0040]En la parte inferior 9 del reactor 8, donde la temperatura promedio está entre 1.500 y 1.700°C y más particularmente es de aproximadamente 1.600°C, los componentes inorgánicos del CRRS, que son de materias metálicas y minerales, se funden. La masa fundida se recoge por gravedad en el crisol de fusión 9. Esto se lleva a cabo a una temperatura de trabajo a través de la adición de biogás (o ya sea gas neutro o GLP) y oxígeno puro, y con período adecuado de permanencia, la mezcla de las masas fundidas se obtienen de ese modo.

35

[0041]Una serie de quemadores en posición horizontal en la artesa de colada radial de la fusión de crisol 9, proporcionan la energía térmica necesaria para mantener el material inorgánico, tales como los minerales y metales originalmente contenidos en el CRRS, en estado líquido, asegurando así un nivel constante en el interior el crisol de fusión. En segundo lugar, el flujo de gas creado por los quemadores mencionados anteriormente, genera un tipo de impulso cinético suficiente para evitar el riesgo de transmisión accidental de cualquier CRRS sin quemar dentro de la canaleta de entrada directa a la artesa de colada del crisol 9. La masa fundida entra a través de un canal 12 del tanque de almacenamiento granulado 13 donde, debido al enfriamiento con agua, se solidifica dando así lugar a un granulado mineral no lixiviable vitrificado y metálico.

45

[0042]También hay una serie de quemadores, instalados verticalmente en la salida de la artesa de colada del crisol, lo que significa que la energía térmica generada de este modo es capaz de fundir cualquier material eventual solidificado como resultado de la refrigeración de la misma, causada por el vapor de agua ascendente desde el depósito de recogida y el mineral de accionamiento hidráulico y el dispositivo de trituración granulado metálico.

50

[0043]Con el fin de evitar que cualquier gas de síntesis fluya hacia fuera desde el reactor de gasificación hacia el exterior a través de la artesa de colada de la fusión de crisol 9, el tanque de recogida de granulados minerales y metálicos 13 está conectado directamente a éste.

55

■ Mineral granulado y metálico vitrificado no lixiviable

[0044]Aproximadamente 7% en peso de la cantidad de CRRS introducido en el sistema de gasificación se devuelve en forma de granulado mineral inerte vitrificado y granulado metálico.

60

[0045]La Universidad de Roma ha llevado a cabo diversas pruebas de transferencia y análisis relativos a una muestra de granulado mineral vitrificado, con el fin de verificar su composición. Los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación:

TABLA N°. 1 - Límites de concentración en el efluente de para rechazo a vertedero inerte.

5

Componente	mg/l
AS	0,05
Ba	0
Cd	0,004
Cr	0,05
Cu	0,2
Hg	0,001
Mc	0,05
Ni	0,04
Pb	0,05
Sb	0,006
Se	0,01
Zn	0,04
Cloruros	80
Fluoruros	1
Sulfatos	100
Índice Fenol	0,1
DOC	50
TSD*	400
* Es posible utilizar el índice de TSD (Total de sólidos disueltos) como una alternativa a los valores de sulfato y cloruro.	

[0046]Sobre la base de estos análisis, los granulados minerales vitrificados también se pueden utilizar en las siguientes aplicaciones:

10

- aditivo de hormigón, como un sustituto de la grava
- construcción de carreteras
- paisajismo
- sustitución de piedras naturales
- utilizado como material de chorro de arena

15

mientras que el granulado metálico puede ser enviado para la recuperación en fundición.

20

- enfriamiento y purificación de gas de síntesis

[0047]En esta parte del sistema, como se muestra en la figura 2, el gas de síntesis se enfrió y se purificó. Todas las sustancias químicas no deseadas y residuos orgánicos se eliminan por el gas de síntesis, de modo que facilitan su reciclaje. El gas de síntesis que fluye hacia fuera desde la parte superior del reactor de alta temperatura 8 se somete a las siguientes etapas:

25

- enfriamiento con agua (16, 17)
- lavado con ácido (18)
- lavado básico (19, 20)
- eliminación inicial de ácido sulfhídrico (21)
- eliminación de partículas finas mediante electro-filtro húmedo (22)
- catálisis para la eliminación de los compuestos orgánicos de azufre (27)
- eliminación del ácido sulfhídrico residual (28)

30

### 35 ■ Enfriamiento con agua

[0048]El gas de síntesis grueso sale del reactor a una temperatura entre 800 y 1.200°C y más precisamente a aproximadamente 1.100°C y se enfría en la etapa de enfriamiento rápido 16, por medio de agua, hasta que cae a una temperatura de 90-95°C. Este enfriamiento brusco, sirve para "congelar" el equilibrio termodinámico causado por el reactor de alta temperatura evitando de este modo la re-formación de dioxinas y furanos. La característica especial de este proceso de enfriamiento rápido, como se describe anteriormente, consiste en la ausencia de

40

aparatos técnicos, tales como intercambiadores de calor y otros dispositivos utilizados habitualmente para la refrigeración de fluidos.

5 [0049]La energía térmica necesaria para el proceso de enfriamiento procede de la evaporación del agua utilizada en el circuito de enfriamiento rápido.

[0050]La cantidad de agua evaporada se reintegra por la última etapa del proceso de tratamiento de agua que, a su vez, está casi totalmente destinado para el tratamiento de condensado en la fase de lixiviación alcalina.

10

■ Tratamiento de gas de síntesis

15 [0051]El gas enfriado por evaporación en la etapa de enfriamiento rápido 16 se somete a la etapa de lavado ácido 18 en el que se lleva a cabo un tratamiento adicional. La presencia de cloruro y flúor en el CRRS da lugar a la formación de [gases ácidos] HCl y HF en el reactor de alta temperatura. Estos componentes se disuelven en la etapa de enfriamiento rápido acuosa dando lugar a un valor de pH muy ácido.

20 [0052]Gracias al tratamiento a pH <3, los metales pesados volátiles contenidos en el gas de síntesis gruesa se disuelven en forma de cloruros y fluoruros y de ese modo se eliminan del gas de síntesis. Otras sustancias químicas que causan la formación de ácidos tales como H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, y CO<sub>2</sub> continuarán permaneciendo en un estado gaseoso y pasarán a las etapas de tratamiento posteriores. El agua de enfriamiento y el líquido utilizado en el lavado ácido, que opera en un bucle cerrado, se desgasificarán antes de ser enviados a un proceso de filtrado y sedimentación, que actúa para separar la materia sólida.

25 [0053]El líquido de lavado purificado se envía al enfriamiento a través de las bombas en el circuito, después de enfriarse en un intercambiador de calor.

30 [0054]En la etapa de lavado alcalino 20 las gotitas de líquido, desde la etapa de tratamiento ácido anterior, transportados por el flujo de gas de síntesis, se neutralizan a continuación. Para este propósito, el valor de pH del fluido de lavado se mantiene a un nivel de entre 7-7,5 mediante la adición de NaOH. El exceso de agua, resultante de la condensación de la humedad presente en el CRRS así como de la evaporación del agua, generada por el proceso de enfriamiento, que fluye hacia fuera de la etapa de enfriamiento rápido, se envía al sistema físico-químico para el tratamiento de agua de proceso .

35 [0055]A través de la descomposición de hierro trivalente en hierro bivalente y posterior re-oxidación como resultado de la entrada de aire en la etapa de regeneración, el sulfuro de hidrógeno se disocia en azufre elemental e hidrógeno. La eliminación de H<sub>2</sub>S se produce durante la etapa de tratamiento de-sulfurado 21 durante el cual el contacto entre el gas de síntesis y la solución líquida está garantizada por la emisión capilar de líquido en la lavadora.

40

[0056]La oxidación del hierro bivalente y la posterior regeneración del líquido de-sulfurado, así como la separación del azufre elemental, se producen durante la etapa de regeneración. Después de la sedimentación, el azufre se deshidrata en un filtro de prensa y se elimina del proceso.

45 [0057]Después de la etapa de-sulfurado, el gas es tratado en un filtro electrostático húmedo (FEH) 22 a la misma temperatura que la etapa anterior. El proceso de electro-física en esta etapa de tratamiento permite la eliminación de las partículas volátiles y de los aerosoles todavía presentes en el gas de síntesis. El sistema también prevé la re-circulación en un circuito de agua semi-cerrado, transmitiendo de este modo una parte del agua contaminada a la etapa de oxidación y la reintegración del agua limpia de la etapa de evaporación, y la cristalización del agua de proceso de tratamiento sistema.

50

■ Protección hidráulica y antorcha de emergencia

55 [0058]Tanto el reactor de alta temperatura y las etapas de tratamiento de gas de síntesis operan en una condición ligera de exceso de presión (hasta 450 bar), evitando de este modo la penetración del oxígeno presente en el aire y la formación resultante de mezclas de gases explosivos.

60 [0059]La tubería principal 23 de la sección de tratamiento de gas de síntesis, como se muestra en la figura 3, está conectada a una protección hidráulica 24 que actúa como una válvula de seguridad. En el caso de cualquier aumento de presión repentina en los límites de seguridad, el gas de síntesis se transporta a través de la protección hidráulica directamente a la antorcha de seguridad 25, que se proporciona para su combustión. La antorcha de emergencia 25 es un elemento de seguridad importante como para el caso de cualquier fallo del sistema, ya que el proceso de gasificación no puede ser interrumpido repentinamente y el gas tiene en cualquier

caso que ser desechado de una manera segura.

■ Tratamiento del agua de proceso

5

[0060]El agua de proceso consiste principalmente en vapor de agua condensado en las etapas de tratamiento de gases, que en parte proviene de la humedad presente en el CRRS, y en parte como resultado de los procesos de gasificación y combustión.

10

[0061]La purificación del agua de proceso procedente del tratamiento ácido-básico del gas de síntesis se produce en esta unidad. El flujo de condensado contiene ambos metales y sales. Las principales fases del proceso químico-físico son:

15

- Oxidación

- Precipitación

- Sedimentación

20

- Neutralización

- La evaporación y la cristalización

25

[0062]Los productos finales de tratamiento son:

- Concentrado de hidróxidos de metales y residuos de carbono

- Sal mixta

30

[0063]El agua de proceso evaporada en la última etapa de tratamiento, después de la condensación, se utiliza en el circuito de refrigeración de las torres de evaporación, lo que garantiza que el sistema esté libre de fluidos refluentes. El agua de proceso que fluye hacia fuera de la etapa básica tratamiento de lavado se envía a los tanques de oxidación. Se oxida a través de la adición de peróxido de hidrógeno de modo que el sulfuro de hidrógeno disuelto en agua con ello se transforme en azufre disuelto, evitando así el escape de gas sulfuro de hidrógeno en las etapas de tratamiento posteriores. Al mismo tiempo, el hierro bivalente se transforma en hierro trivalente para mejorar las condiciones de precipitación. Los agitadores aseguran una intensa acción de mezclado durante la etapa de oxidación. Después de la oxidación del líquido desde el tratamiento de lavado básico, el lodo de sedimentación de carbono y el agua limpia desde el circuito de enfriamiento primario se transportan a los tanques de almacenamiento del condensado producido durante todas las etapas de tratamiento de gas durante el proceso de enfriamiento. Esta área de almacenamiento permite normalizar el flujo de líquido a las etapas de tratamiento posteriores.

35

40

45

[0064]El valor asumido pH en el intervalo 8,5 a 9,0 es regulado por la adición de sosa cáustica de manera que los hidróxidos de metales pesados se pueden separar. La adición de CO<sub>2</sub> a través de membranas porosas permite la precipitación del calcio en agua disuelto en forma de carbonato de calcio. El lodo compuesto de partículas de carbono, carbonato de calcio e hidróxidos de metal, se envió para la etapa de almacenamiento y la deshidratación subsiguiente, mientras que en la fase acuosa clara se bombea al sistema de neutralización. Se añade ácido clorhídrico de modo que el agua de proceso procedente de la precipitación se neutraliza antes de ser enviada al intercambiador de iones subsiguiente. La etapa de neutralización permite la cristalización en la etapa de evaporación, en forma de sal, tanto de cloruro de sodio y cloruro de amonio, que de otro modo, debido a los valores de trabajo de pH básicos, se evaporaría con el agua.

50

55

60

[0065]Dos intercambiadores de cationes operados alternativamente transmiten los residuos de calcio, zinc y otros metales. Mientras que uno de los módulos está funcionando, el otro se regenera. Durante el proceso de regeneración, los iones metálicos retenidos son reemplazados por iones de sodio, que son a su vez transferidos al agua durante la fase de funcionamiento, con el fin de retener los iones metálicos. Las sales se cristalizan en el sistema de evaporación. El vapor de agua producido, después de la condensación, se envía al circuito de refrigeración para compensar parcialmente el agua de reintegración requerida para la operación de las torres de evaporación. La solución acuosa cristalina es tratada por una máquina centrífuga para eliminar los cristales de sal. Este proceso no genera aguas residuales y por lo tanto es libre de cualquier fluido refluyente.

[0066]El agua del CRRS puede satisfacer parcialmente las necesidades del circuito de refrigeración de la evaporación, sobre todo en los meses de verano. Por tanto, es necesario conectar con la red eléctrica industrial con fines de refrigeración y para la red de agua potable para usos sanitarios. Por otra parte, en ciertas

condiciones territoriales, una pérdida de líquido (es decir, la percolación del sumidero) en la sección de tratamiento podría ser integrada en el sistema de gasificación, aportados por terceros, con el fin de reciclar el agua de proceso tratada y ahorrar en el recurso del agua.

5

■ Sistema de producción de oxígeno

[0067]El sistema de fraccionamiento de aire genera oxígeno puro, nitrógeno y aire comprimido. El oxígeno se utiliza en el proceso térmico, el nitrógeno para la prestación de los diversos elementos del sistema inerte, durante las operaciones de reparación y de mantenimiento, mientras que el aire comprimido se utiliza para el control de la regulación y elementos de cierre. En ciertos casos, el sistema de fraccionamiento de aire no es una parte integral del sistema de gasificación; el oxígeno necesario para el proceso de gasificación que se suministra a través de tuberías de baja presión de un sistema externo situado en la proximidad y destinados a la producción de oxígeno de ingeniería para diversos usos industriales.

15

■ Producción de energía eléctrica

[0068]El gas de síntesis purificado puede ser trasladado a los siguientes sistemas para la explotación de su potencial de energía:

20

- turbinas de gas, después de una o más etapas de compresión; en combinación con un ciclo combinado con una turbina de vapor para la producción de energía eléctrica exclusivamente, o a través de un ciclo co-generativo en la producción de vapor y/o agua caliente
- motores de gas en combinación con un ciclo de co-generación para la producción de energía eléctrica, vapor y/o agua caliente
- células combustibles con carbonatos fundidos o se ejecuta en óxidos sólidos para la producción de energía eléctrica en combinación con un ciclo re-generativo para la producción de vapor y/o agua caliente, o por medio de bomba de calor, para la energía en frío.

25

30

[0069]El gas de síntesis también puede ser utilizado como combustible gaseoso y utilizado para:

- calderas industriales;
- centrales termoeléctricas, incluso de tipo "turbo-gas";
- hornos industriales.

35

[0070]El proceso forzado de purificación del gas de síntesis, tal como se proporciona en el presente procedimiento, asegura, durante su combustión la producción de energía térmica y eléctrica, el cumplimiento de las normas relativas a las emisiones atmosféricas macro-contaminantes, tales como gases ácidos (HCl, HF), óxidos de azufre y material en forma de partículas, mientras que se excluye la presencia de compuestos orgánicos clorados, tales como dioxinas y furanos.

40

[0071]Gracias al sistema de gasificación de la presente invención que muestra un impacto ambiental reducido, el CRRS idealmente se puede utilizar en un sistema que asegure los beneficios como se indica en repetidas ocasiones, proporcionando una respuesta fiable y una solución técnica avanzada, ya que garantiza la máxima recuperación de la los recursos contenidos en los residuos, mientras que al mismo tiempo, limita el impacto ambiental al mínimo, ya que:

45

- reduce el porcentaje de residuos que se enviará para su almacenamiento definitivo a un tipo mínimo del 20 a 25% en peso de la totalidad real de los residuos tratados;
- asegura la máxima recuperación y reciclaje de metales (hierro, aluminio, granulados metálicos), así como de materiales destinados al sector de la construcción (granulado mineral) y la recuperación del medio ambiente
- reduce el impacto ambiental en términos de emisiones contaminantes macro y micro
- permite el uso racional de los recursos hídricos
- asegura que los residuos de procesamiento se obtienen completamente inertes y estabilizados, listos para ser enviados a su almacenamiento final.

50

55

**REIVINDICACIONES**

1. Método para el reciclaje de residuos sólidos urbanos, y el uso de combustible recuperado de residuos sólidos, que comprende los siguientes pasos:

5

- recepción de los residuos sólidos urbanos,

- alimentación de manera continua y homogénea del combustible recuperado de residuos sólidos en un reactor (8) con al menos una cámara de combustión,

10

- clasificación mecánica de las fracciones secas y húmedas,

- tratamiento de la fracción seca y preparación del combustible recuperado de residuos sólidos,

15

- la recuperación de los metales,

- tratamiento de la fracción húmeda,

20

- refinado de la fracción orgánica estabilizada,

- reducción del volumen de los materiales voluminosos,

- tratamiento del aire de proceso

25

- la gasificación del combustible recuperado de residuos sólidos en un reactor con al menos una cámara de combustión,

- la producción de energía eléctrica a partir del gas derivado del proceso y la producción de hidrógeno,

30

En donde

el tratamiento de la fracción seca y la preparación del combustible recuperado de residuos sólidos comprende las siguientes etapas:

35

- la eliminación de los elementos metálicos

- la aplicación de un tamaño por medio de una trituradora con rejilla extensible

40

- el cribado con viento,

- la mejora de la limpieza y de la calidad;

caracterizado porque:

45

a) la gasificación del combustible recuperado de residuos sólidos comprende las etapas de:

- la gasificación del combustible recuperado de residuos sólidos por medio de quemadores de oxígeno-biogás (11),

50

- la limpieza del gas obtenido,

- la conversión, por fusión, de los componentes inorgánicos presentes en el combustible recuperado de residuos sólidos en mineral no lixiviable vitrificado y granulado metálico,

55

en el que el biogás utilizado por los quemadores (11) se deriva del proceso de digestión anaerobia de la fracción orgánica;

60

b) el tratamiento de la fracción húmeda es un tratamiento aeróbico que consiste en una bio-oxidación que comprende las etapas de:

- la descomposición acelerada de las sustancias orgánicas de 2-3 semanas,

- la separación de los residuos inertes de procesamiento de la biomasa y

- la maduración y estabilización de la fracción orgánica durante 5-6 semanas,

en el que dicha bio-oxidación se mantiene aeróbica mediante aireación forzada, o de vuelco mecánico.

5

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la recepción de los residuos sólidos urbanos se realiza utilizando una línea de alimentación con un dispositivo de clasificación mecánica, que, después del pesado, elimina los materiales voluminosos.

10

3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la clasificación mecánica de las fracciones secas y húmedas se produce a través de las rejillas de cribado de trómeles giratorios con dispositivo de auto-limpieza, después de realizar el rechazo de plásticos con apertura de bolsas por medio de abre-bolsas de giro-lento.

15

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la recuperación de los metales se produce por acción de corrientes electromagnéticas y Foucault.

20 5. Método según la reivindicación 1, en el que:

- la aireación forzada se produce por medio de una red de distribución de aire capilar, mientras que el vuelco mecánico se consigue mediante tornillo de barrenas;

25

- el refinado de la fracción orgánica estabilizada se consigue en una línea mecánica donde los fragmentos inertes como vidrio y piedras son rechazados y se obtiene combustible recuperado de residuos sólidos, que consiste principalmente de fragmentos de plástico, y fracción orgánica estabilizada;

30

- la reducción de volumen de los materiales voluminosos se produce por trituración y recuperación contemporánea de los materiales ferrosos;

- el tratamiento del aire de proceso comprende las etapas de:

35

a) aspiración del aire de cada etapa y el mantenimiento de condiciones de presión negativas del proceso,

b) envío de parte de dicho aire aspirado a los ciclos de combustión del combustible recuperado de residuos sólidos y el resto a un sistema de tratamiento de aire.

40

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que, además,

45

- el reactor y las etapas de tratamiento de gas operan en una ligera condición de exceso de presión en el que la presión es de hasta 450 bar;

50

- una fracción carbónica del combustible recuperado de residuos sólidos cae en un crisol (9) en la parte inferior del reactor (8), donde la temperatura comprende entre 1.500 y 1.700°C, preferiblemente 1.600°C, dicha fracción carbónica se gasifica después de la fracción volátil,

- la temperatura de los gases que salen del reactor (8) está comprendida entre 800 y 1.200°C, preferiblemente de 1.100°C,

55

- una serie de quemadores en la parte superior (10) del reactor (8), por encima del sistema de alimentación de combustible recuperado de residuos sólidos, causan una ligera turbulencia que optimiza la homogeneización de la temperatura,

60

- el crisol (9) se mantiene a la temperatura de trabajo por medio de biogás y oxígeno alimentado por quemadores (11).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el gas procedente de la parte superior (10) del reactor (8) se somete a las siguientes

etapas:

- enfriamiento rápido con agua (16, 17)
- 5 - lavado con ácido (18)
- lavado básico (19, 20)
- eliminación inicial de ácido sulfhídrico (21)
- 10 - eliminación de partículas finas mediante filtro electrostático húmedo (22)
- catálisis para la eliminación de compuestos orgánicos de azufre (27)
- 15 - eliminación de ácido sulfhídrico residual (28)

8. Método según la reivindicación 7, en el que:

- 20 - en la etapa de enfriamiento (16, 17) el gas producido se enfría a una temperatura comprendida entre 90 y 95°C;
- en la etapa de lavado con ácido (18) el pH es <3;
- 25 - en la etapa de lavado básico (19, 20) el pH está comprendido entre 7 y 7,5.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la producción de hidrógeno comprende las etapas de:

- 30 - limpieza de CO por dos etapas de reacción catalizadora de desplazamiento del gas de agua,
- purificación por medio de membranas de separación y adsorción de la oscilación de presión

35

10. Sistema para el reciclaje de residuos sólidos urbanos y la explotación de combustible recuperado de residuos sólidos, que comprende:

- 40 - medios para recibir los residuos sólidos municipales
- una o más líneas de clasificación para la clasificación mecánica de las fracciones secas y húmedas
- medios para el tratamiento de la fracción seca y la preparación del combustible recuperado de residuos sólidos
- 45 - medios para recuperar metales electromagnéticamente
- medios para la bio-oxidación de la fracción húmeda
- 50 - línea de refinamiento mecánico para el refinamiento de bio-residuos estabilizados
- medios de molienda para la reducción del volumen de los materiales voluminosos
- un sistema para la alimentación continua y homogénea de combustible recuperado de residuos sólidos, que comprende:
- 55 - un silo de almacenamiento de combustible recuperado de residuos sólidos
- un sistema de transporte (1) del combustible recuperado de residuos sólidos desde el silo de almacenamiento a un receptor de dosificación (2)
- 60 - un sistema de transporte (3) de combustible recuperado de residuos sólidos desde el receptor de dosificación (2) a un sistema de entrada (5) en un reactor de gasificación (8)

- un reactor de gasificación (8) con al menos una cámara de combustión,

- un conducto saliente (15) del reactor de gasificación (8), -

5 - una sección para la eliminación de partículas similares (22),

- un sistema de ciclos combinados para la producción de energía eléctrica y un sistema para la producción de hidrógeno,

10 caracterizado porque el sistema comprende:

- un depósito de recogida de granulado (13),

15 - una sección para el enfriamiento del agua (16, 17),

- una sección para el lavado con ácido (18),

- una sección para el lavado básico (19, 20),

20 - una sección para la eliminación inicial de ácido sulfhídrico (21),

- un catalizador para la eliminación de compuestos orgánicos de azufre (27),

- una sección para la eliminación de ácido sulfhídrico residual (28),

25

en el que

- el reactor (8) comprende una parte superior (10) y una parte inferior provista de un crisol de fusión (9);

30

- dicho tanque de recolección de granulado (13) está conectado al crisol (9) por medio de un canal (12)

- quemadores de oxígeno-biogás (11) están instalados en la parte superior (10) y en la parte inferior (9) del reactor (8), así como en el canal (12),

35

en el que el sistema para la alimentación continua y homogénea de combustible recuperado de residuos sólidos comprende, además:

40

- un sistema de sellado doble (4) con válvulas

- un sistema de inertización con nitrógeno,

45

- un sistema de transporte (5) para alimentar el combustible recuperado de residuos sólidos en el reactor de gasificación (8)

- un sistema excesivo de recuperación de la capacidad (6)

50

y en el que el sistema comprende además medios para recuperar el biogás desde el proceso de digestión anaeróbica y para proporcionarlo a los quemadores (11).

11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10,

en el que el sistema de transporte (5) para alimentar el combustible recuperado de residuos sólidos en el reactor de gasificación (8) es un alimentador de tornillo refrigerado o una pendiente.

55

12. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11,

en donde la sección para la eliminación de partículas finas (22) comprende un electro-filtro húmedo.

13. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 12,

60

en el que una protección hidráulica (24) conectada directamente a una antorcha de emergencia (25) está dispuesta entre la sección para la eliminación de partículas finas (22) y el catalizador para la eliminación de los compuestos orgánicos de azufre (27).

14. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 13,

en el que el sistema para la producción de energía eléctrica comprende turbinas de gas y motores.

15. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 14,  
en el que el sistema para la producción de hidrógeno comprende una unidad de limpieza de CO, unidad de  
5 separación de membranas, unidad de adsorción de la oscilación de presión, unidad de compresión y  
almacenamiento de hidrógeno.

Fig. 1

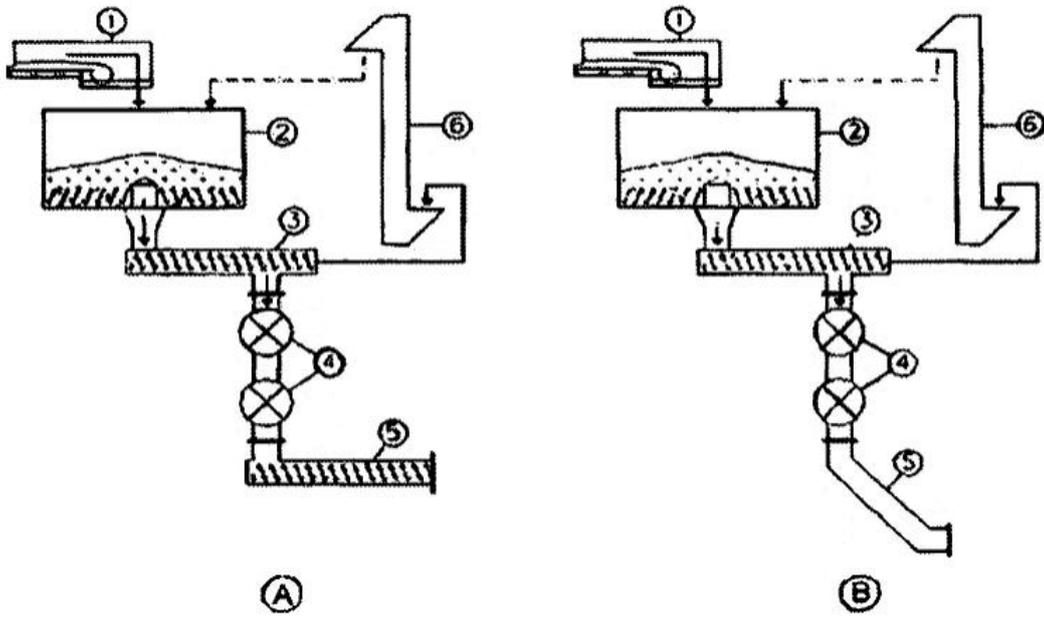


Fig. 2

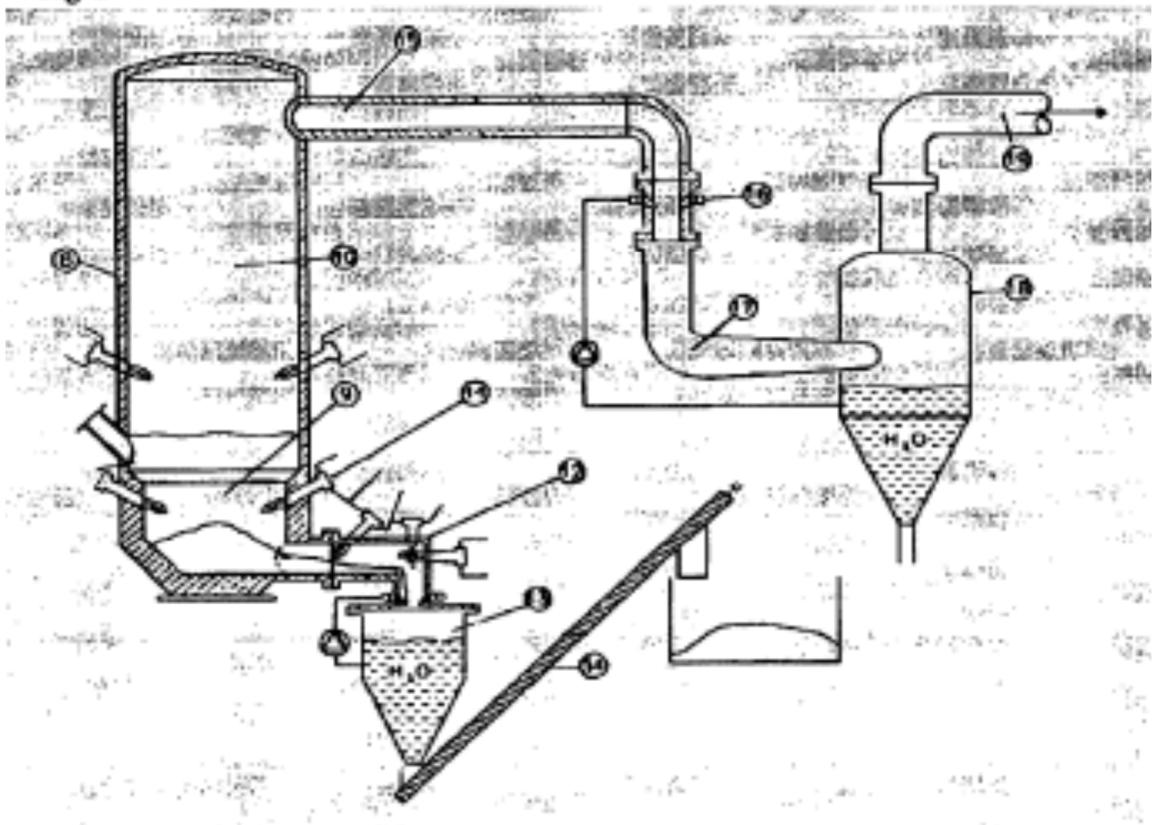


Fig. 3

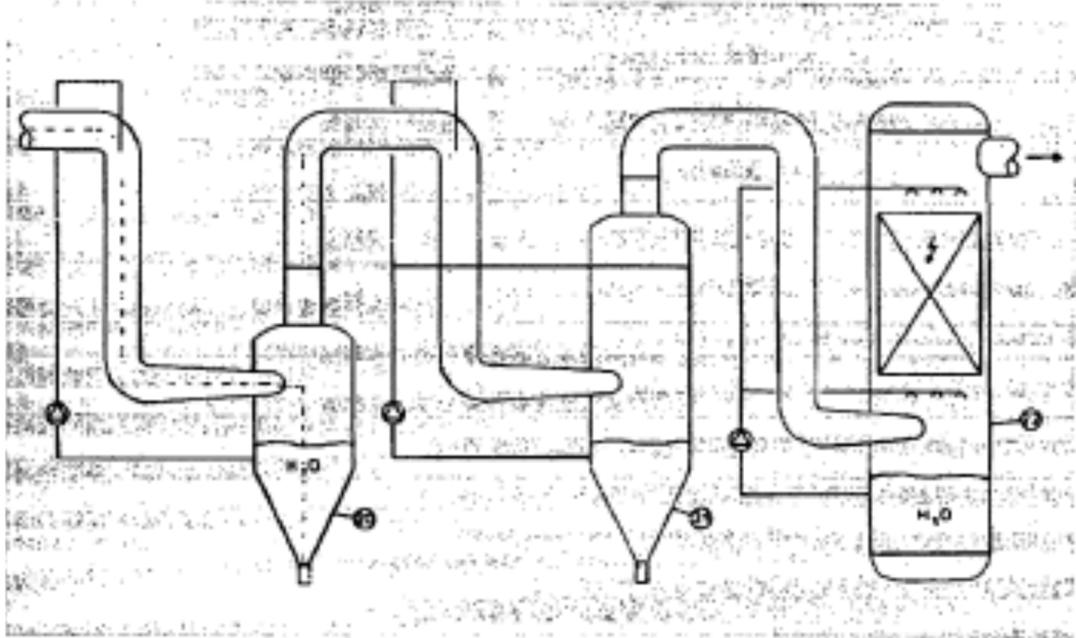


Fig. 4

